

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

EP00/3294

EJU



REC'D 18 JUL 2000	
10	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 199 21 122.1

**Anmeldetag:** 7. Mai 1999

**Anmelder/Inhaber:** Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e.V., München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren und Vorrichtung zum Verschleiern  
eines Fehlers in einem codierten Audiosignal  
und Verfahren und Vorrichtung zum Decodieren  
eines codierten Audiosignals

**IPC:** H 03 M, H 04 N

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Anmeldung.

München, den 21. Juni 2000  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Brand

PRIORITY  
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Schoppe & Zimmermann · Postfach 710867 · 81458 München

**Fraunhofer-Gesellschaft  
zur Förderung der  
angewandten Forschung e. V.  
Leonrodstraße 54  
80636 München**

---

**Verfahren und Vorrichtung zum Verschleiern eines Fehlers in  
einem codierten Audiosignal und Verfahren und Vorrichtung  
zum Decodieren eines codierten Audiosignals**

---

# Verfahren und Vorrichtung zum Verschleiern eines Fehlers in einem codierten Audiosignal und Verfahren und Vorrichtung zum Decodieren eines codierten Audiosignals

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Codieren bzw. Decodieren von Audiosignalen und insbesondere auf die Verschleierung von Fehlern ("Error Concealment") in digital codierten Audiosignalen.

Mit zunehmender Verbreitung moderner Audiocodierer und entsprechender Audiodecodierer, die nach einem der MPEG-Standards arbeiten, hat die Übertragung von codierten Audiosignalen über Funknetze oder über leitungsgebundene Netze, wie z. B. das Internet, bereits eine große Bedeutung erlangt. Bei der Übertragung von codierten Audiosignalen mittels digitalem Rundfunk aber auch beim Übertragen von Audiosignalen über leitungsgebundene Netze liegt ein nicht-idealer Übertragungskanal vor, der dazu führen kann, daß codierte Audiosignale während der Übertragung gestört werden. Daher stellt sich decodiererseitig die Aufgabe, wie mit Übertragungsfehlern umgegangen werden soll, bzw. wie Übertragungsfehler "verschleiert" werden sollen. Die Fehlerverschleierung dient dazu, Übertragungsfehler auf irgendeine Art und Weise zu manipulieren, um den subjektiven Höreindruck eines solchen fehlerbehafteten decodierten Audiosignales zu verbessern.

Mehrere Fehlerverschleierungsverfahren sind bereits bekannt. Die einfachste Art der Fehlerverschleierung besteht in dem Verfahren der Stummschaltung, das auch als "Muting" bezeichnet wird. Erkennt ein Decodierer, daß Daten fehlen oder fehlerhaft sind, so schaltet derselbe die Wiedergabe ab. Die fehlenden Daten werden somit durch ein Null-Signal ersetzt. Damit wird vermieden, daß aufgrund eines Übertragungsfehlers zu laute bzw. unangenehme Geräusche eines Decodierers ausge-

geben werden. Aufgrund psychoakustischer Effekte wird dieses plötzliche Abfallen und Ansteigen der Signalenergie, wenn der Decodierer wieder fehlerfreie Daten ausgibt, dennoch als unangenehm empfunden.

Ein anderes bekanntes Verfahren, das den plötzlichen Abfall und Wiederanstieg der Signalenergie vermeidet, ist das Verfahren der Datenwiederholung. Fällt beispielsweise ein Block oder mehrere Blöcke von Audiodaten aus, so wird ein Teil der zuletzt gesendeten Daten in einer Schleife wiederholt, bis wieder fehlerfreie, d. h. intakte Audiodaten vorliegen. Dieses Verfahren führt jedoch zu störenden Artefakten. Werden nur kurze Teile des Audiosignals wiederholt, so klingt das repetierte Signal unabhängig vom Originalsignal maschinenartig mit einer Grundfrequenz bei der Wiederholfrequenz. Werden längere Teile wiederholt, entstehen bestimmte Echoeffekte, die ebenfalls als störend empfunden werden.

Bei blockorientierten Transformationscodierern/-decodierern, bei denen eine spektrale Darstellung eines zeitlichen Audiosignals verwendet wird, würde ferner die Möglichkeit bestehen, eine spektralwertweise Prädiktion im Falle von fehlerhaften Audiodaten durchzuführen. Wird festgestellt, daß Spektralwerte in einem Block fehlerhaft sind, so können diese Spektralwerte basierend auf den Spektralwerten eines vorausgehenden Blocks oder mehrerer vorausgehender Blöcke prädiziert, d. h. vorhergesagt oder abgeschätzt werden. Die prädizierten Spektralwerte entsprechen in gewissen Grenzen den fehlerhaften Spektralwerten, wenn das Audiosignal relativ stationär ist, d. h. wenn das Audiosignal keinen so schnellen Änderungen der Signaleinhüllenden unterzogen ist. Wenn beispielsweise ein nach dem MPEG-AAC-Standard (ISO/IEC 13818-7 MPEG-2 Advanced Audio Coding) arbeitendes Verfahren betrachtet wird, so hat ein normaler Block von codierten Audiodaten 1024 Spektralwerte. Beim Verfahren der spektralwertweisen Prädiktion werden daher 1024 parallel arbeitende Prädiktoren im Decodierer benötigt, um z. B. im Falle eines vollständigen Blockausfalls ("Frame Loss")

sämtliche Spektralwerte prädictieren zu können.

Ein Nachteil dieses Verfahrens ist der relativ hohe Rechenaufwand, der derzeit eine Echtzeit Decodierung eines empfangenen Multimedia- oder Audiodatensignals unmöglich macht.

Ein weiterer wesentlicher Nachteil dieses Verfahrens wird durch den verwendeten Transformationsalgorithmus, die modifizierte diskrete Cosinustransformation (MDCT), bedingt. Es ist allgemein bekannt, daß der MDCT-Algorithmus kein ideales Fourier-Spektrum liefert, sondern ein "Spektrum", das sich von einem idealen Fourier-Spektrum unterscheidet. Untersuchungen haben gezeigt, daß z. B. eine Sinus-Zeitfunktion, die ein Fourier-Spektrum aufweist, das eine einzige Spektrallinie bei der Frequenz der Sinusfunktion hat, ein MDCT-"Spektrum" hat, das zwar bei der Frequenz der Sinusfunktion einen dominierenden Spektralkoeffizienten hat, das jedoch zusätzlich weitere Spektralkoeffizienten bei anderen Frequenzwerten aufweist. Außerdem ist die Höhe eines MDCT-"Spektrums" einer Sinusfunktion nicht von Block zu Block gleich, sondern dieselbe schwankt von Block zu Block. Eine weitere Tatsache ist, daß die MDCT-Transformation nicht streng energieerhaltend ist. So kann festgehalten werden, daß die MDCT-Transformation zwar zusammen mit einer inversen MDCT-Transformation exakt arbeitet, daß jedoch das MDCT-Spektrum wesentliche Unterschiede zu einem Fourier-Spektrum hat. Eine spektralwertweise Prädiktion von MDCT-Spektralkoeffizienten hat sich daher als unzureichend herausgestellt, wenn qualitativ hochwertige Anforderungen gestellt werden.

Ein weiterer Nachteil der spektralwertweisen Prädiktion insbesondere in Verbindung mit modernen Audiocodierverfahren besteht darin, daß moderne Audiocodierverfahren unterschiedliche Fensterlängen bzw. Fensterformen verwenden. Um zu vermeiden, daß sich bei schnellen Änderungen des zu codierenden Audiosignals d. h. bei Transienten oder Anschlägen, das durch die Quantisierung der MDCT-Spektralkoeffizienten eingeführte Quantisierungsrauschen über eine langen Block "ver-

schmiert", d. h. daß sogenannte Vorechos auftreten, verwenden moderne Transformationscodierer bei transienten Audiosignalen, d. h. Audiosignalen mit Anschlägen, kurze Fenster, um die zeitliche Auflösung auf Kosten der Frequenzauflösung zu erhöhen. Dies führt aber dazu, daß bei einer spektralwertweisen Prädiktion ständig sowohl Fensterlänge als auch Fensterform (es existieren zudem Übergangsfenster, um eine Fensterung von kurzen zu langen Blöcken und umgekehrt einzuleiten) berücksichtigt werden müssen, was ebenfalls zu einer Verkomplizierung der spektralwertweisen Prädiktion beiträgt und die Recheneffizienz empfindlich beeinflussen würde.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine präzise und flexible Fehlerverschleierung für Audiosignale zu schaffen, die mit begrenztem Rechenaufwand implementiert werden kann.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Verschleiern eines Fehlers nach Patentanspruch 1 und eine Vorrichtung zum Verschleiern eines Fehlers nach Patentanspruch 12 gelöst.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine fehlerrobuste und flexible Decodierung von Audiosignalen zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Decodieren eines codierten Audiosignals nach Patentanspruch 10 und durch eine Vorrichtung zum Decodieren eines codierten Audiosignals nach Patentanspruch 13 gelöst.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß die Nachteile der spektralwertweisen Prädiktion, die in der Abhängigkeit von dem verwendeten Transformationsalgorithmus und in der Abhängigkeit von Fensterform und Blocklänge bestehen, dadurch vermieden werden können, daß zur Fehlerverschleierung eine Prädiktion eingesetzt wird, die im "Quasi"-Zeitbereich arbeitet. Hierzu wird ein Satz von Spek-

tralwerten, der vorzugsweise einem langen Block bzw. einer Anzahl von kurzen Blöcken entspricht, in Subbänder unterteilt. Ein Subband des aktuellen Satzes von Spektralkoeffizienten kann daraufhin einer Rückwärts-Transformation unterzogen werden, um ein Zeitsignal zu erhalten, das den Spektralkoeffizienten des Subbandes entspricht. Zur Erzeugung von Schätzwerten für einen darauffolgenden Satz von Spektralkoeffizienten wird eine Prädiktion auf der Basis des Zeitsignals dieses Subbandes durchgeführt.

Es sei darauf hingewiesen, daß diese Prädiktion im Quasi-Zeitbereich stattfindet, da das zeitliche Signal, auf der Basis dessen die Prädiktion durchgeführt wird, lediglich das Zeitsignal eines Subbandes des codierten Audiosignals und nicht das Zeitsignal des gesamten Spektrums des Audiosignals ist. Das mittels Prädiktion erzeugte Zeitsignal wird einer Vorwärtstransformation unterzogen, um geschätzte, d. h. prädizierte Spektralkoeffizienten für das Subband des folgenden Satzes von Spektralkoeffizienten zu erhalten. Wird nun festgestellt, daß in dem folgenden Satz von Spektralkoeffizienten einer oder mehrere fehlerhafte Spektralkoeffizienten sind, so können die fehlerhaften Spektralkoeffizienten durch die geschätzten, d. h. prädizierten, Spektralkoeffizienten ersetzt werden.

Im Gegensatz zur reinen spektralwertweisen Prädiktion erfordert das erfindungsgemäße Verfahren zum Verschleiern von Fehlern einen geringeren Rechenaufwand, da aufgrund der Gruppierung von Spektralkoeffizienten Prädiktionen nur noch für jedes Subband und nicht mehr für jeden Spektralkoeffizienten durchgeführt werden müssen. Außerdem liefert das erfindungsgemäße Verfahren eine hohe Flexibilität, da die Eigenschaften der zu verarbeitenden Signale berücksichtigt werden können.

Die Fehlerverschleierung gemäß der vorliegenden Erfindung arbeitet besonders gut für tonale Signale. Es wurde jedoch herausgefunden, daß tonale Signalanteile eher im niederfre-

quenteren Bereich des Spektrums eines Audiosignals auftreten, während die höherfrequenten Signalanteile eher nichtstationär, d. h. rauschhaft, sind. "Rauschhafte Signalanteile" sind im Sinne der vorliegenden Beschreibung Signalanteile die wenig stationär sind. Diese rauschhaften Signalanteile müssen jedoch nicht unbedingt Rauschen im klassischen Sinn darstellen, sondern lediglich sich schnell verändernde Nutzsignale.

Zur weiteren Reduzierung des Rechenaufwands ermöglicht es die vorliegende Erfindung daher, lediglich niederfrequenterer Signalanteile einer Prädiktion zu unterziehen, während höherfrequentere Signalanteile überhaupt nicht verarbeitet werden. In anderen Worten ausgedrückt ist es möglich, nur das bzw. die unteren Subbänder einer Rückwärtstransformation, einer Prädiktion und einer Vorwärtstransformation zu unterziehen.

Diese Eigenschaft der vorliegenden Erfindung stellt im Vergleich zu einer vollständigen Transformation des gesamten Audiosignals in den Zeitbereich und einer Prädiktion des gesamten zeitlichen Audiosignals von Block zu Block unter Verwendung eines sogenannten "Long-Term"-Prädiktors einen wesentlichen Vorteil dar, da erfindungsgemäß die Vorteile der Prädiktion im Zeitbereich mit den Vorteilen der spektralen Zerlegung kombiniert werden. Nur die spektrale Zerlegung ermöglicht es, Eigenschaften des Audiosignals, die von der Frequenz abhängig sind, zu berücksichtigen. Die Anzahl der Subbänder, die beim Unterteilen des Satzes von Spektralkoeffizienten erzeugt wird, ist beliebig wählbar. Werden nur zwei Subbänder gewählt, so ergibt sich bereits der Vorteil der Berücksichtigung der Tonalität im unteren Frequenzbereich des Audiosignals. Werden dagegen sehr viele Subbänder gewählt, so wird der Prädiktor im Quasi-Zeitbereich eine relativ kurze Länge haben, derart, daß seine Verzögerung nicht allzu groß wird. Da die einzelnen Subbänder voneinander parallel verarbeitet werden können, ist bei einer Ausführung der vorliegenden Erfindung unter Verwendung

eines festverdrahteten integrierten Schaltkreises viele parallele Prädiktorschaltungen notwendig.

Wird die vorliegende Erfindung im Zusammenhang mit einem Transformationscodierer eingesetzt, der unterschiedliche Blocklängen verwendet, so ergibt sich der Vorteil, daß der Prädiktor selbst von Blocklänge ("Block Length") und Fensterform ("Window Shape") unabhängig ist. Außerdem wird durch die Rücktransformation die Abhängigkeit von dem verwendeten Transformationsalgorithmus selbst, die oben bezüglich der MDCT ausgeführt worden ist, eliminiert. Weiterhin liefert das erfindungsgemäße Konzept zur Fehlerverschleierung geschätzte Spektralkoeffizienten, die aufgrund der Rückwärtstransformation, der Prädiktion im Zeitbereich und der Vorwärtstransformation phasenrichtig sind, d. h. es treten keine Phasensprünge im Zeitsignal aufgrund eines prädizierten Spektralkoeffizienten gegenüber einem Zeitsignal eines vorausgehenden intakten Satzes von Spektralkoeffizienten auf. Damit können tonale Signale derart gut für fehlerhafte oder fehlende Signalanteile substituiert werden, daß ein üblicher Hörer in den allermeisten Fällen nicht einmal merkt, daß ein Fehler aufgetreten ist.

Schließlich eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren besonders gut für eine Kombination mit einer Fehlerverschleierungstechnik, die in der DE 197 35 675 A1 beschrieben ist, die für die Substitution von rauschhaften Signalanteilen geeignet ist. Werden tonale Signalanteile eines fehlenden Blocks durch das erfindungsgemäße Verfahren verschleiert, und werden rauschhafte Signalanteile durch das eben erwähnte bekannte Verfahren, daß auf einer Energieähnlichkeit zwischen substituierten Daten und intakten Daten aufbaut, kombiniert, so können vollständig ausgefallene Blöcke nahezu unhörbar für einen normalen Hörer verschleiert werden.

Gewünschte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Zeichnungen detailliert erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Decodierer, der eine erfindungsgemäße Fehlerverschleierungseinrichtung aufweist;

Fig. 2 ein detaillierteres Blockschaltbild der Fehlerverschleierungseinrichtung von Fig. 1;

Fig. 3 ein detaillierteres Blockschaltbild der Fehlerverschleierungseinrichtung von Fig. 1, die zudem eine Rauschersetzung aufweist und basierend auf dem Prädiktionsgewinn arbeitet;

Fig. 4 ein Flußdiagramm für das erfindungsgemäße Verfahren zur Fehlerverschleierung;

Fig. 5 ein detailliertes Blockschaltbild eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Fehlerverschleierungseinrichtung für einen MPEG-2 AAC-Decodierer;

Fig. 6 ein detailliertes Blockschaltbild des Prädiktors von Fig. 5; und

Fig. 7 eine schematische Darstellung der Blockstruktur nach dem AAC-Standard.

Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild eines Decodierers gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Das in Fig. 1 gezeigte Decodiererblockschaltbild entspricht grundsätzlich dem MPEG-2 AAC-Decodierer, wie er im Standard MPEG-2 AAC 13818-7 festgelegt ist. Das codierte Audiosignal gelangt zunächst in einen Bitstrom-Demultiplexer 100, um Spektraldaten und Seiteninformationen zu trennen. Die Huffman-codierten Spektralkoeffizienten werden dann in einen Huffman-Decodierer 200 eingespeist, um aus den Huffman-Codewörtern quantisierte Spektralwerte zu erhalten. Die quantisierten Spektralwerte werden anschließend in einen inversen Quantisierer 300 eingespeist und anschließend stufenfaktorbereichsweise mit entsprechenden Skalenfaktoren multipli-

ziert. Der erfindungsgemäße Codierer kann im Anschluß an den inversen Quantisierer 300 mehrere weitere Funktionalitäten haben, wie z. B. eine Mitte/Seite-Stufe, eine Prädiktor-Stufe, eine TNS-Stufe usw. wie es im Standard festgelegt ist.

Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung umfaßt der Decodierer unmittelbar vor einer Synthese-Filterbank 400 eine Fehlerverschleierungseinrichtung 500, die erfindungsgemäß arbeitet und dafür sorgt, daß die Auswirkungen von Übertragungsfehlern in dem codierten Audiosignal, das in den Bitstrom-Demultiplexer 100 eingespeist wird, gelindert bzw. vollständig unhörbar gemacht werden können. Anders ausgedrückt bewirkt die Fehlerverschleierungseinrichtung 500, daß Übertragungsfehler verschleiert werden, d. h. daß sie in einem zeitlichen Audiosignal am Ausgang der Synthese-Filterbank nicht oder nur noch schwach hörbar sind.

Fig. 2 zeigt ein allgemeines Blockschaltbild der Fehlerverschleierungseinrichtung 500. Dieselbe umfaßt eine Rückwärtstransformationseinrichtung 502, eine Einrichtung 504 zur Erzeugung von Schätzwerten sowie eine Einrichtung 506 zur Vorwärtstransformation. Sowohl die Rückwärtstransformationseinrichtung 502 als auch die Vorwärtstransformationseinrichtung 506 sind abhängig von dem Blocktyp, der gerade vorliegt, über eine Blocktypleitung 508 steuerbar. Die Fehlerverschleierungseinrichtung 500 umfaßt ferner einen Parallelzweig, um die eingangsseitigen Spektralkoeffizienten unter Umgehung der Rückwärtstransformationseinrichtung 502, der Einrichtung zur Erzeugung von Schätzwerten 504 und der Vorwärtstransformationseinrichtung 506 direkt vom Eingang zum Ausgang zu leiten. Dieser Parallelzweig umfaßt eine Zeitverzögerungsstufe 510, um sicherzustellen, daß hinter der Vorwärtstransformationseinrichtung 506 vorliegende geschätzte Spektralkoeffizienten für einen folgenden Block gleichzeitig mit "realen", unter Umständen fehlerhaften Spektralkoeffizienten für den folgenden Block an einer Fehler-Auswahl-Einrichtung 512 anliegen, um eventuell

fehlerhafte Spektralkoeffizienten in den realen Spektralkoeffizienten für den folgenden Block durch geschätzte Spektralkoeffizienten für den folgenden Block ersetzen zu können. Diese spektralwertweise Ersetzung ist durch ein Schaltersymbol 512 in Fig. 2 dargestellt. Es sei darauf hingewiesen, daß die Fehler-Ersetzungs-Einrichtung 512 entweder spektralwertweise oder block- bzw. satzweise arbeiten kann. Je nach Anforderung kann dieselbe auch subbandweise arbeiten. Am Ausgang der Fehler-Ersetzungs-Einrichtung 512 liegt dann der folgende Satz von Spektralkoeffizienten vor, in dem eventuell ursprünglich fehlerhafte Spektralkoeffizienten durch geschätzte Spektralkoeffizienten ersetzt worden sind, d. h. in dem Fehler verschleiert sind.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß das Blockschaltbild, das in Fig. 2 gezeigt ist, lediglich einen Teil der Fehlerverschleierungseinrichtung 500 darstellt. Diese Darstellung wurde jedoch aus Übersichtlichkeitsgründen gewählt. Wie es in Fig. 5 anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung näher erläutert werden wird, ist der in Fig. 2 gezeigten Schaltung eine Einrichtung zur Unterteilung in Subbänder vorgeschaltet. Analog dazu ist der Fehler-Ersetzungs-Einrichtung 512 eine Einrichtung zum Rückgängigmachen der Unterteilung in Subbänder nachgeschaltet, derart, daß die Filterbank 400 (Fig. 1) einen "normalen" Satz von Spektralkoeffizienten erhält, ohne von der vorausgegangenen Fehlerverschleierung irgendetwas zu merken. Die Fehlerverschleierungseinrichtung 500 (Fig. 1) umfaßt somit eine Mehrzahl von bezugnehmend auf Fig. 2 beschriebenen Schaltungen, und zwar eine Schaltung für jedes Subband. Die parallelen Schaltungen sind eingangsseitig durch die Einrichtung zum Unterteilen verbunden und ausgangssseitig durch die Einrichtung zum Rückgängigmachen der Unterteilung, wie es später detailliert ausgeführt wird.

Es wurde bereits früher darauf hingewiesen, daß moderne Informationsübertragungssysteme eine hohe Fehlertoleranz aufweisen. Im Falle von Transienten in einem zu codierenden Au-

diосignal kurze Fenster verwenden. Dabei ist es gebräuchlich, daß die Anzahl der zeitlichen Abtastwerte bzw. die Anzahl der Spektralkoeffizienten in einem langen Fenster bzw. Block ein ganzzahliges Vielfaches der Anzahl von zeitlichen Abtastwerten bzw. Spektralkoeffizienten in einem kurzen Fenster bzw. Block darstellt. Ein vorteilhafter Effekt der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß die Einrichtung 504 zur Erzeugung von Schätzwerten unabhängig von der verwendeten Transformation, von der verwendeten Blocklänge bzw. von dem verwendeten Fenstertyp arbeiten kann. Daher werden sowohl die Rückwärtstransformationseinrichtung 502 als auch die Vorwärtstransformationseinrichtung 506 Blocktyp-abhängig gesteuert, um der Einrichtung 504 zur Erzeugung von Schätzwerten immer dieselbe Anzahl von zeitlichen Abtastwerten zuzuführen bzw. von derselben abzuführen.

Zur weiteren Veranschaulichung dieser Eigenschaft wird nachfolgend auf Fig. 7 Bezug genommen, um die Situation für MPEG-2 AAC darzustellen. Fig. 7 umfaßt eine Zeitachse 700, bezüglich der die Ausdehnung eines langen Blocks 702 dargestellt ist. Ein langer Block umfaßt 2048 Abtastwerte, woraus sich 1024 Spektralkoeffizienten ergeben, wenn eine 50%-ige Überlappung der Fenster eingesetzt wird, wie es bekannt ist. Hintergründe zur verwendeten modifizierten diskreten Cosinus-Transformation (MDCT) und der Fensterüberlappung finden sich in dem bereits zitierten Standard. In Fig. 7 sind ferner acht kurze Blöcke 704 eingezeichnet, von denen jeder 256 Abtastwerte aufweist, um wieder aufgrund der 50%-igen Überlappung 128 Spektralkoeffizienten zu ergeben. Aus Übersichtlichkeitsgründen wurde in Fig. 7 die Überlappung der kurzen Blöcke sowie die Überlappung des langen Blocks mit einem vorausgehenden langen Block bzw. mit einem vorausgehenden oder einem nachgeschalteten Start- bzw. Stoppfenster nicht eingezeichnet. Auf jeden Fall ist aus Fig. 7 ersichtlich, daß die Anzahl der Spektralkoeffizienten eines langen Blocks gleich dem achtfachen der Anzahl der Spektralkoeffizienten eines kurzen Blocks ist. Anders ausgedrückt umfaßt ein langer Block dieselbe Zeitdauer des Audiosignals wie acht

kurze Blöcke.

Wie es in Fig. 2 gezeigt ist, wird die Rückwärtstransformationseinrichtung 502 über die Blocktypleitung 508 derart gesteuert, daß sie acht zeitlich aufeinanderfolgende Rückwärtstransformationen der Spektralkoeffizienten in entsprechenden Subbändern von kurzen Blöcken durchführt und die gewonnenen Quasi-Zeitsignale einfach seriell aneinanderreihet, um die Einrichtung 504 zur Erzeugung von Schätzwerten mit einem Zeitsignal einer bestimmten Länge zu versorgen. Analog dazu wird die Vorwärtstransformationseinrichtung 506 wieder acht aufeinanderfolgende Vorwärtstransformationen durchführen, und zwar nacheinander mit den Werten, die von der Einrichtung 504 zum Erzeugen von Schätzwerten seriell ausgegeben werden. Somit bedingt dieser "Arbeitszyklus", daß im Falle von kurzen Blöcken dieselbe Anzahl von Spektralkoeffizienten ausgegeben wird, wie im Falle von langen Blöcken. Die Spektralkoeffizienten, die durch die Fehlerver schleierungseinrichtung 500 in einem "Arbeitszyklus" ausgegeben werden, werden im Sinne der vorliegenden Erfindung als Satz von geschätzten Spektralkoeffizienten bezeichnet. Aus Praktikabilitätsgründen entspricht die Anzahl der Spektralkoeffizienten in einem Satz der Anzahl der Spektralkoeffizienten in einem langen Block und der Anzahl der Spektralkoeffizienten von acht kurzen Blöcken. Selbstverständlich können beliebige andere Verhältnisse zwischen langem und kurzem Block verwendet werden, beispielsweise 2, 4 oder 16. Üblicherweise wird die Situation derart sein, daß die Anzahl der Spektralkoeffizienten eines langen Blocks durch die Anzahl der Spektralkoeffizienten eines kurzen Blocks teilbar ist. Sollte dies jedoch aus irgendeinem Grunde nicht der Fall sein, so würde die Anzahl eines Satzes von Spektralkoeffizienten dem kleinsten gemeinsamen Vielfachen von langem und kurzem Block entsprechen, derart, daß Unabhängigkeit vom Blocktyp auf Prädiktorebene, d. h. bei der Einrichtung 504 zur Erzeugung von Schätzwerten, erreicht wird.

In Fig. 3 ist eine bevorzugte Weiterbildung der Fehlerverschleierungseinrichtung von Fig. 2 dargestellt. Die Fehlerverschleierungseinrichtung ist um eine Rauschersetzungseinrichtung 514 erweitert, die abhängig von einem Prädiktionsgewinnsignal 516 über einen Rauschersetzungsschalter 518 mit der Fehler-Ersetzungs-Einrichtung gekoppelt werden kann. In diesem Fall wird die Vorwärtstransformationseinrichtung 506 von der Fehler-Ersetzungs-Einrichtung abgeklemmt. Die Rauschersetzungseinrichtung 514 arbeitet vorzugsweise nach dem in der DE 197 35 675 A1 beschriebenen Verfahren, um rauschhafte Signalanteile im Audiosignal anzunähern. Da es sich um rauschhafte Spektralanteile handelt, wird nicht mehr die Phase der Spektralkoeffizienten berücksichtigt, sondern lediglich die Energie mehrerer Spektralkoeffizienten in einer Untergruppe. Die Rauschersetzungseinrichtung 514 erzeugt abhängig von der Energie in einer Untergruppe der zuletzt vorhandenen intakten Audiodaten eine entsprechende Untergruppe von Spektralkoeffizienten, wobei die Energie in der Untergruppe der erzeugten Spektralkoeffizienten der Energie der entsprechenden Untergruppe der vorausgehenden Spektralkoeffizienten entspricht bzw. aus derselben abgeleitet ist. Die Phasen der bei der Rauschersetzung erzeugten Spektralkoeffizienten werden jedoch zufällig festgelegt.

Der Rauschersetzungsschalter 518 wird durch ein Prädiktionsgewinnsignal 516 gesteuert. Allgemein bezieht sich der Prädiktionsgewinn auf das Verhältnis des Ausgangssignals der Einrichtung 504 zur Erzeugung von Schätzwerten zum Eingangssignal. Wird festgestellt, daß sich in einem Subband das Ausgangssignal relativ wenig von dem Eingangssignal unterscheidet, so kann davon ausgegangen werden, daß das Audiosignal in diesem Subband relativ stationär, d. h. tonal, ist. Unterscheidet sich dagegen das Ausgangssignal des Prädiktors sehr stark vom Eingangssignal, so kann davon ausgegangen werden, daß das Signal instationär ist, d. h. atonal oder rauschhaft. In diesem Fall wird eine Rauschersetzung bessere Ergebnisse liefern als eine Prädiktion, da rauschhafte Signale per se nicht zuverlässig vorhergesagt werden

können. So könnte beispielsweise der Rauschersetzungsschalter 518 derart gesteuert werden, daß er die Vorwärtstransformationseinrichtung 506 mit der Fehler-Ersetzungs-Einrichtung 512 verbindet, wenn der Prädiktionsgewinn eine bestimmte Schwelle überschreitet, bzw. daß die Rauschersetzungseinrichtung 514 mit der Fehler-Ersetzung-Einrichtung 512 verbunden wird, wenn der Prädiktionsgewinn diese Schwelle unterschreitet, um beide Substitutionsverfahren optimal zu kombinieren.

Im Nachfolgenden wird bezugnehmend auf Fig. 4 auf das Verfahren der erfindungsgemäßen Rauschsubstitution näher eingegangen. Zunächst wird ein aktueller Satz von Spektralkoeffizienten empfangen (10). Bei der Darstellung von Fig. 4 wird aus Übersichtlichkeitsgründen davon ausgegangen, daß der aktuelle Satz von Spektralkoeffizienten ausschließlich intakte Spektralkoeffizienten aufweist oder aber bereits einem Fehlerverschleierungsverfahren nach Fig. 2 oder 3 unterzogen worden ist. Der aktuelle Satz von Spektralkoeffizienten wird einerseits von der Filterbank 400 (Fig. 1) verarbeitet und beispielsweise an einen Lautsprecher ausgegeben (12). Andererseits wird der aktuelle Satz von Spektralkoeffizienten dazu verwendet, einen folgenden Satz von Spektralkoeffizienten vorherzusagen, d. h. zu schätzen bzw. zu prädictieren. Dazu wird erfindungsgemäß eine Unterteilung des aktuellen Satzes von Spektralkoeffizienten in Subbänder durchgeführt (14). Im Falle eines langen Blockes findet die Unterteilung in Subbänder derart statt, daß pro Satz lediglich ein Subband mit einem entsprechenden Frequenzbereich erzeugt wird. Im Falle von kurzen Blöcken wird der aktuelle Satz von Spektralkoeffizienten eine Mehrzahl von zeitlich aufeinanderfolgenden kompletten Spektren umfassen. Dann werden im Schritt 14 für jedes vollständige Spektrum entsprechende Subbänder erzeugt, d. h. pro Satz von Spektralkoeffizienten mehrere Subbänder.

Nach der Unterteilung in Subbänder wird eine Filtertransformation je Subband durchgeführt (16). Im Falle von langen Blö-

ken, d. h. die Anzahl der Spektralkoeffizienten eines Blocks entspricht der Anzahl der Spektralkoeffizienten eines Satzes, wird eine einzige Rücktransformation pro Subband durchgeführt, bevor zur Prädiktion 18 übergegangen wird. Im Falle von kurzen Blöcken werden mehrere Rücktransformationen entsprechend der Subbänder jedes "kurzen" Spektrums durchgeführt, bevor dann für sämtliche Subbänder zusammen eine Prädiktion 18 durchgeführt wird.

Die Prädiktion 18 findet im Quasi-Zeitbereich statt, d. h. für jedes Subband-"Zeit"-Signal, um ein geschätztes Subband-Zeitsignal für den folgenden Satz zu erhalten. Dieses geschätzte Quasi-Zeitsignal wird anschließend wieder einer Vorwärtstransformation 20 unterzogen, wobei die Vorwärtstransformation für einen langen Block wieder nur einmal ausgeführt wird bzw. für kurze Blöcke N-mal, wobei N das Verhältnis zwischen der Anzahl von Spektralkoeffizienten eines langen Blocks zu der Anzahl von Spektralkoeffizienten eines kurzen Blocks ist.

Nach dem Schritt 20 liegen für jedes Subband geschätzte Spektralkoeffizienten vor. In einem Schritt 22 wird die in dem Schritt 14 eingeführte Unterteilung wieder rückgängig gemacht, derart, daß nach dem Schritt 22 ein folgender Satz von Spektralkoeffizienten vorliegt.

In einem Schritt 24 wird von dem Decodierer der folgende Satz von Spektralkoeffizienten empfangen. Dieser Satz wird einer Fehlerdetektion 26 unterzogen, um festzustellen, ob ein Spektralkoeffizient, mehrere Spektralkoeffizienten oder sogar alle Spektralkoeffizienten des folgenden Satzes fehlerhaft sind. Die Fehlerdetektion findet auf für Fachleute bekannte Art und Weise statt, wobei beispielsweise die CRC-Checksum (CRC = Cyclic Redundancy Code) über einem Frame überprüft wird. Wird festgestellt, daß eine Checksum, die aufgrund der übertragenen Daten berechnet wird, zu einer mit den Daten übertragenen Checksum unterschiedlich ist, können die geschätzten Spektralkoeffizienten, die durch den Schritt

22 erzeugt worden sind, statt der Spektralkoeffizienten des fehlerhaften Blocks eingesetzt werden. Die fehlerhaften Spektralkoeffizienten werden damit gegen die geschätzten Spektralkoeffizienten ausgetauscht (28). Schließlich werden die fehlerverschleierte Spektralkoeffizienten des folgenden Satzes verarbeitet, um die zeitlichen Abtastwerte ausgeben zu können (30).

Das Flußdiagramm von Fig. 4 stellt gewissermaßen eine Augenblicksaufnahme der Verarbeitung von einem Satz von Spektralkoeffizienten zu einem nächsten Satz von Spektralkoeffizienten dar. Wird das Flußdiagramm von Fig. 4 implementiert, so wird selbstverständlich beispielsweise nur eine einzige Filterbank 400 (Fig. 1) verwendet, um die Schritte 12 und 30 durchzuführen. Genauso wird selbstverständlich nur eine einzige Einrichtung zum Empfangen des aktuellen Satzes von Spektralkoeffizienten bzw. zum Empfangen des folgenden Satzes von Spektralkoeffizienten vonnöten sein, um die Schritte 10 und 24 zu implementieren. Die zeitliche Synchronität für die Schritte 10 und 24 wird bei einer Vorrichtung, die das erfindungsgemäße Verfahren implementiert, durch die Zeitverzögerungsstufe 510 im Parallelzweig (Fig. 2) sichergestellt.

Fig. 5 zeigt eine detailliertere Darstellung des allgemeinen Blockdiagramms von Fig. 2 am Beispiel eines MPEG-2 AAC-Transformationscodierers, der die erfindungsgemäße Fehlerverschleierungseinrichtung 500 aufweist. Wie es bereits bezugnehmend auf Fig. 2 dargestellt worden ist, umfaßt die Fehlerverschleierungseinrichtung 500 (Fig. 1) eine Einrichtung 520 zum Unterteilen der Blöcke von Spektralkoeffizienten in vorzugsweise 32 Subbänder. Im Falle von langen Blöcken hat jedes Subband 32 Spektralkoeffizienten. Da die Subbänder der kurzen Blöcke die gleichen Frequenzbereiche überstreichen, hat im Falle von kurzen Blöcken jedes Subband 4 Spektralkoeffizienten. Eine Aufteilung eines gesamten Spektrums in gleichgroße Subbänder wird als Subbänder für Einfachheit bevorzugt, wobei jedoch eine Unterteilung in ungleiche

Subbänder ebenfalls möglich wäre, beispielsweise angelehnt an die psychoakustischen Frequenzgruppen. Jedes Subband wird daraufhin einer inversen modifizierten diskreten Cosinus-Transformation unterzogen. Im Falle von langen Blöcken läuft die IMDCT einmal ab und empfängt 32 Eingangswerte. Im Falle von kurzen Blöcken werden acht aufeinanderfolgende IMDCTs ausgeführt, und zwar jeweils mit 4 der Spektralkoeffizienten, derart, daß sich am Ausgang wieder 32 Quasi-Zeitabtwerte ergeben. Diese werden dann dem Prädiktor 504 zugeführt, der wiederum 32 geschätzte Quasi-Zeitabtwerte erzeugt, die mittels der MDCT 506 transformiert werden. Im Falle von langen Blöcken wird eine einzige MDCT mit 32 zeitlichen Werten durchgeführt, während im Falle von kurzen Blöcken acht zeitlich aufeinanderfolgende MDCTs mit jeweils 4 Abtwerten ausgeführt werden. Obwohl in Fig. 5 nur ein Zweig für das nullte Subband dargestellt ist, sei festgehalten, daß für jedes Subband ein identischer Zweig existiert, wenn die Subbänder alle die gleiche Länge haben. Haben die Subbänder unterschiedliche Längen, so sind die Ordnungen der IMDCT bzw. der MDCT daran angepaßt. Für eine praktische Implementation bietet sich eine parallele Verarbeitung an. Selbstverständlich ist jedoch auch eine serielle Verarbeitung der Subbänder hintereinander möglich, wenn entsprechende Speicherkapazitäten vorgesehen werden. Die Ausgangswerte der MDCT 506 für jedes Subband werden in eine Einrichtung 522 zum Rückgängigmachen der Unterteilung, d. h. in eine inverse Unterteilungseinrichtung, eingespeist, um im Falle des bevorzugten Ausführungsbeispiels auf AAC-MDCT-Ebene einen geschätzten Satz von Spektralwerten auszugeben.

Fig. 6 zeigt eine weitere detaillierte Darstellung des Prädiktors 504. Das Herzstück des Prädiktors 504 ist beim bevorzugten Ausführungsbeispiel ein sogenannter LMSL-Prädiktor 504a, der eine Länge  $n = 32$  hat. Details über den LMSL-Prädiktor sind in dem Buch "Adaptive Signal Processing" Bernard Widrow, Samuel Stearns, Prentice-Hall, 1995, S. 99 ff., zu finden. Dem LMSL-Prädiktor 504a ist eine Zeitverzögerung

rungsstufe 504b vorgeschaltet. Der Prädiktor 504 umfaßt eingangsseitig ferner einen Parallel-Seriell-Wandler 504c und ausgangsseitig einen Seriell-Parallel-Wandler 504d. Derselbe hat ferner eine Prädiktionsgewinnberechnungseinrichtung 504e, die das Ausgangssignal des Prädiktors 504a mit dem Eingangssignal vergleicht, um feststellen zu können, ob ein stationäres Signal oder ein instationäres Signal verarbeitet worden ist. Die Prädiktionsgewinnberechnungseinrichtung 504e liefert ausgangsseitig das Prädiktionsgewinnsignal 516, das zur Steuerung des Schalters 518 (Fig. 3) verwendet wird, um entweder prädizierte Spektralkoeffizienten oder durch Rauschersetzung gewonnene Spektralkoeffizienten zur Fehlerverschleierung zu verwenden. Der Prädiktor 504 umfaßt ferner in seiner Implementation als LMSL-Prädiktor zwei Schalter 504f und 504g, die zwei Schalterstellungen haben. Die Schalterstellung "1" betrifft den Fall, daß Spektralkoeffizienten des folgenden Blocks fehlerfrei sind, während die Schalterstellung "2" den Fall betrifft, daß Spektralkoeffizienten des folgenden Satzes fehlerhaft sind. In Fig. 6 ist der Fall gezeichnet, bei dem die Spektralkoeffizienten fehlerhaft sind. In diesem Fall wird am Schalter 504g statt des Eingangssignals ein Referenzsignal mit einem Wert von 0 in den Prädiktor eingespeist. Im Fall von fehlerfreien Spektralkoeffizienten (Schalterstellung "1" des Schalters 504g) werden dagegen die Ausgangswerte des Parallel-Seriell-Wandlers von unten in den LMSL-Prädiktor eingespeist.

Im Falle der Anwendung des erfindungsgemäßen Fehlerverschleierungsverfahrens im Zusammenhang mit einem AAC-Codierer wird es bevorzugt, für sämtliche Vorwärts- bzw. Rückwärtstransformationen die entsprechenden Transformationsalgorithmen (MDCT bzw. IMDCT) zu verwenden. Für die Fehlerverschleierung ist es jedoch nicht notwendig, daß zur Rückwärts- bzw. zur Vorwärtstransformation dasselbe Transformationsverfahren eingesetzt wird, das bei der Codierung des Audiosignals verwendet wurde, um die Spektralkoeffizienten zu bilden.

Aufgrund der Unterteilung des Spektrums in Subbänder und aufgrund der einzelnen Transformationen für jedes Subband werden für jedes Subband Frequenz-Zeitbereichs-Transformationen mit niedrigerer Ordnung als der Frequenzauflösung entsprechend verwendet. Somit werden spezielle Schätzwerte für tonale Signalanteile in der Zwischenebene mittels des Prädiktors erzeugt. Als Vorwärtstransformation/Synthese werden Zeit-Frequenzbereich-Transformationen niedrigerer Ordnung als der ursprünglichen Frequenzauflösung entsprechend verwendet, wobei die gleiche Ordnung gewählt wird wie bei der benutzten Frequenz-Zeitbereichs-Transformation. Somit liefert die erfindungsgemäße Fehlerverschleierung einerseits Flexibilität unter Ausnutzung von Vorkenntnissen spektraler Eigenschaften von Audiosignalen und andererseits eine Unabhängigkeit von dem im Codierer verwendeten Transformationsverfahren durch Erzeugung der Schätzwerte im Quasi-Zeitsignal, also nicht auf Spektralkoeffizientenebene. Wenn die Prädiktion im Quasi-Zeitbereich zur Ersetzung tonaler Signalanteile eingesetzt wird, und wenn die Rauschersetzung für rauschhafte Spektralanteile verwendet wird, so können Fehler für eine große Klasse von Audiosignalen selbst bei vollständigem Blockverlust derart verschleiert werden, daß nahezu keine hörbaren Störungen auftreten. Versuche haben gezeigt, daß bei nicht allzu kritischen Testsignalen normale Hörer, d. h. ungeschulte Testhörer, selbst bei vollständigem Blockverlust nur in einem von 10 Fällen Unregelmäßigkeiten im Audiosignal gehört haben.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verschleiern eines Fehlers in einem codierten Audiosignal, wobei das codierte Audiosignal aufeinanderfolgende Sätze von Spektralkoeffizienten aufweist, wobei ein Satz von Spektralkoeffizienten eine spektrale Darstellung für einen Satz von Audioabtastwerten ist, mit folgenden Schritten:

Unterteilen (14) eines aktuellen Satzes von Spektralkoeffizienten in mindestens zwei Subbänder mit unterschiedlichen Frequenzbereichen, wobei ein Subband der mindestens zwei Subbänder zumindest zwei Spektralkoeffizienten aufweist;

Rückwärts-Transformieren (16) der Spektralkoeffizienten des einen Subbandes, um eine zeitliche Darstellung der zumindest zwei Spektralkoeffizienten des einen Subbandes zu erhalten;

Durchführen (18) einer Prädiktion unter Verwendung der zeitlichen Darstellung der zumindest zwei Spektralkoeffizienten des einen Subbandes, um eine geschätzte zeitliche Darstellung für ein Subband eines auf den aktuellen Satz folgenden Satzes zu erhalten, wobei das Subband des folgenden Satzes den gleichen Frequenzbereich wie das Subband des aktuellen Satzes umfaßt;

Vorwärts-Transformieren (20) der geschätzten zeitlichen Darstellung um zumindest zwei geschätzte Spektralkoeffizienten für das Subband des folgenden Satzes zu erhalten;

Bestimmen (26) ob ein Spektralkoeffizient des Subbands des folgenden Satzes fehlerhaft ist; und

als Reaktion auf den Fehler des Bestimmens, Verwenden (28) eines geschätzten Spektralkoeffizienten statt eines

fehlerhaften Spektralkoeffizienten des folgenden Satzes, um den fehlerhaften Spektralkoeffizienten des folgenden Satzes zu Verschleiern.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das eine Subband, das im Schritt des Rückwärts-Transformierens (16) verarbeitet wird, niederfrequente Spektralkoeffizienten aufweist, während das andere der mindestens zwei Subbänder höherfrequente Spektralkoeffizienten aufweist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Anzahl der Spektralkoeffizienten in einem Satz von Spektralkoeffizienten gleich der Anzahl von Spektralkoeffizienten in einem Block (702) erster Länge und das N-fache der Spektralkoeffizienten in einem Block (704) zweiter Länge ist, und bei dem N Blöcke (704) mit der zweiten Länge hintereinander auftreten, wobei

der Schritt des Unterteilens (14) derart ausgeführt wird, daß die Subbänder der Blöcke mit der ersten Länge gleiche Frequenzbereiche umfassen, wie die Subbänder der Blöcke mit der zweiten Länge, derart, daß die Anzahl der Spektralkoeffizienten eines Subbandes des Blocks mit der ersten Länge gleich dem N-fachen der Anzahl der Spektralkoeffizienten des entsprechenden Subbandes des Blocks mit der zweiten Länge ist;

der Schritt des Rückwärtstransformierens (16) für jedes entsprechende Subband der N Blöcke nacheinander ausgeführt wird, um eine zeitliche Darstellung der Spektralkoeffizienten entsprechender Subbänder der N Blöcke mit der zweiten Länge zu erhalten;

der Schritt des Durchführens (18) einer Prädiktion mit der zeitlichen Darstellung sämtlicher entsprechender Subbänder der N Blöcke durchgeführt wird; und

der Schritt des Vorwärtstransformierens (20) für jedes

entsprechende Subband der N Blöcke nacheinander durchgeführt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem im Schritt des Unterteilens (14) eine Vielzahl von Subbändern erzeugt wird, derart, daß alle Subbänder zusammen die spektrale Darstellung des codierten Audiosignals in einem Satz von Spektralkoeffizienten bilden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem nach dem Schritt des Bestimmens (26), ob ein Spektralkoeffizient eines Subbands fehlerhaft ist, folgender Schritt ausgeführt wird:  
  
Bestimmen (504e), ob der Spektralkoeffizient einen tonalen Anteil des uncodierten Audiosignals darstellt, aufgrund eines Vergleichs des Spektralkoeffizienten mit dem entsprechenden geschätzten Spektralkoeffizienten;  
  
falls der Spektralkoeffizient als tonal bestimmt wird, Verwenden des geschätzten Spektralkoeffizientens, und falls der Spektralkoeffizient als nicht-tonal bestimmt wird, Durchführen einer Rauschersetzung (514) für einen fehlerhaften Spektralkoeffizienten des folgenden Satzes.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, bei dem die Spektralkoeffizienten MDCT-Koeffizienten sind, die Länge eines Satzes der Länge eines langen Blocks entspricht und 1024 MDCT-Koeffizienten beträgt, während ein Satz von Spektralkoeffizienten acht Blöcke kurzer Länge umfaßt, von denen jeder 128 MDCT-Koeffizienten aufweist, und bei dem im Schritt des Unterteilens 32 Subbänder je 32 MDCT-Koeffizienten für einen langen Block bzw. je 4 MDCT-Koeffizienten für einen kurzen Block gebildet werden.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem im Schritt des Durchführens (18) der Prädiktion ein

adaptiver rückgekoppelter Prädiktor (504a) verwendet wird, der vorzugsweise ein LMSL-Prädiktor ist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Transformationsalgorithmus, der dem codierten Audiosignal zugrunde liegt, der gleiche Transformationsalgorithmus ist, der im Schritt des Rückwärts-Transformierens (16) und im Schritt des Vorwärtstransformierens (20) verwendet wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Transformationsalgorithmus, der im Schritt des Rückwärts-Transformierens (16) verwendet wird, genau invers zu dem Transformationsalgorithmus ist, der im Schritt des Vorwärts-Transformierens (20) verwendet wird.
10. Verfahren zum Decodieren eines codierten Audiosignals, das aufeinanderfolgende Sätze von Spektralkoeffizienten aufweist, wobei ein Satz von Spektralkoeffizienten eine spektrale Darstellung für einen Satz von Audioabtastwerten ist:

Empfangen (10) eines aktuellen Satzes von Spektralkoeffizienten;

Unterteilen (14) eines aktuellen Satzes von Spektralkoeffizienten in mindestens zwei Subbänder mit unterschiedlichen Frequenzbereichen, wobei ein Subband der mindestens zwei Subbänder zumindest zwei Spektralkoeffizienten aufweist;

Rückwärts-Transformieren (16) der Spektralkoeffizienten des einen Subbandes, um eine zeitliche Darstellung der zumindest zwei Spektralkoeffizienten des einen Subbandes zu erhalten;

Durchführen (18) einer Prädiktion unter Verwendung der

zeitlichen Darstellung der zumindest zwei Spektralkoeffizienten des einen Subbandes, um eine geschätzte zeitliche Darstellung für ein Subband eines auf den aktuellen Satz folgenden Satzes zu erhalten, wobei das Subband des folgenden Satzes den gleichen Frequenzbereich wie das Subband des aktuellen Satzes umfaßt;

Vorwärts-Transformieren (20) der geschätzten zeitlichen Darstellung um zumindest zwei geschätzte Spektralkoeffizienten für das Subband des folgenden Satzes zu erhalten;

Empfangen (24) eines folgenden Satzes von Spektralkoeffizienten und Unterteilen des folgenden Satzes in Subbänder, die den gleichen Frequenzbereich wie die Subbänder des aktuellen Satzes umfassen;

Bestimmen (26) ob ein Spektralkoeffizient des Subbands des folgenden Satzes fehlerhaft ist;

als Reaktion auf den Schritt des Bestimmens, Verwenden (28) eines geschätzten Spektralkoeffizienten statt eines fehlerhaften Spektralkoeffizienten des folgenden Satzes, um den fehlerhaften Spektralkoeffizienten des folgenden Satzes zu Verschleiern; und

Verarbeiten (30) des folgenden Satzes unter Benutzung des im Schritt des Verwendens (28) verwendeten geschätzten Spektralkoeffizienten, um den folgenden Satz von Audioabtastwerten zu erhalten.

11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem die Spektralkoeffizienten des codierten Audiosignals Entropie-codiert und quantisiert sind, das vor dem Schritt des Empfangens (10) des aktuellen Satzes bzw. des folgenden Satzes folgende Schritte aufweist:

Rückgängigmachen (200) der Entropie-Codierung um quanti-

sierte Spektralkoeffizienten zu erhalten;

Invers-Quantisieren (300) der quantisierten Spektralkoeffizienten, um invers-quantisierte Spektralkoeffizienten zu erhalten;

und bei dem der Schritt des Verarbeitens folgenden Schritt aufweist:

Rücktransformieren (400) des folgenden Satzes unter Verwendung eines Transformationsalgorithmus, der zu dem Transformationsalgorithmus invers ist, der zum Transformieren verwendet wurde, um die Spektralkoeffizienten des codierten Audiosignals zu erhalten.

12. Vorrichtung zum Verschleiern eines Fehlers in einem codierten Audiosignal, wobei das codierte Audiosignal aufeinanderfolgende Sätze von Spektralkoeffizienten aufweist, wobei ein Satz von Spektralkoeffizienten eine spektrale Darstellung für einen Satz von Audioabtastwerten ist, mit folgenden Merkmalen:

einer Einrichtung (520) zum Unterteilen (14) eines aktuellen Satzes von Spektralkoeffizienten in mindestens zwei Subbänder mit unterschiedlichen Frequenzbereichen, wobei ein Subband der mindestens zwei Subbänder zumindest zwei Spektralkoeffizienten aufweist;

einer Einrichtung (502) zum Rückwärts-Transformieren (16) der Spektralkoeffizienten des einen Subbandes, um eine zeitliche Darstellung der zumindest zwei Spektralkoeffizienten des einen Subbandes zu erhalten;

einer Einrichtung (504) zum Durchführen (18) einer Prädiktion unter Verwendung der zeitlichen Darstellung der zumindest zwei Spektralkoeffizienten des einen Subbandes, um eine geschätzte zeitliche Darstellung für ein Subband eines auf den aktuellen Satz folgenden Satzes zu

erhalten, wobei das Subband des folgenden Satzes den gleichen Frequenzbereich wie das Subband des aktuellen Satzes umfaßt;

einer Einrichtung (506) zum Vorwärts-Transformieren (20) der geschätzten zeitlichen Darstellung, um zumindest zwei geschätzte Spektralkoeffizienten für das Subband des folgenden Satzes zu erhalten;

einer Einrichtung zum Bestimmen (26) ob ein Spektralkoeffizient des Subbands des folgenden Satzes fehlerhaft ist; und

einer Einrichtung (512) zum Verwenden (28) eines geschätzten Spektralkoeffizienten statt eines fehlerhaften Spektralkoeffizienten des folgenden Satzes, um den fehlerhaften Spektralkoeffizienten des folgenden Satzes zu Verschleiern.

13. Vorrichtung zum Decodieren eines codierten Audiosignals, das aufeinanderfolgende Sätze von Spektralkoeffizienten aufweist, wobei ein Satz von Spektralkoeffizienten eine spektrale Darstellung für einen Satz von Audioabtastwerten ist:

einer Einrichtung (100) zum Empfangen (10) eines aktuellen Satzes von Spektralkoeffizienten;

einer Einrichtung (520) zum Unterteilen (14) eines aktuellen Satzes von Spektralkoeffizienten in mindestens zwei Subbänder mit unterschiedlichen Frequenzbereichen, wobei ein Subband der mindestens zwei Subbänder zumindest zwei Spektralkoeffizienten aufweist;

einer Einrichtung (502) zum Rückwärts-Transformieren (16) der Spektralkoeffizienten des einen Subbandes, um eine zeitliche Darstellung der Spektralkoeffizienten des einen Subbandes zu erhalten;

einer Einrichtung (504) zum Durchführen (18) einer Prädiktion unter Verwendung der zeitlichen Darstellung der zumindest zwei Spektralkoeffizienten des einen Subbandes, um eine geschätzte zeitliche Darstellung für ein Subband eines auf den aktuellen Satz folgenden Satzes zu erhalten, wobei das Subband des folgenden Satzes den gleichen Frequenzbereich wie das Subband des aktuellen Satzes umfaßt;

einer Einrichtung (506) zum Vorwärts-Transformieren (20) der geschätzten zeitlichen Darstellung um zumindest zwei geschätzte Spektralkoeffizienten für das Subband des folgenden Satzes zu erhalten;

einer Einrichtung (502, 510) zum Empfangen (24) eines folgenden Satzes von Spektralkoeffizienten und zum Unterteilen des folgenden Satzes in Subbänder, die den gleichen Frequenzbereich wie die Subbänder des aktuellen Satzes umfassen;

einer Einrichtung zum Bestimmen (26) ob ein Spektralkoeffizient des Subbands des folgenden Satzes fehlerhaft ist;

einer Einrichtung (512) zum Verwenden (28) eines geschätzten Spektralkoeffizienten statt eines fehlerhaften Spektralkoeffizienten des folgenden Satzes, um den fehlerhaften Spektralkoeffizienten des folgenden Satzes zu Verschleiern; und

einer Einrichtung zum Verarbeiten (30) des folgenden Satzes unter Benutzung des geschätzten Spektralkoeffizienten, um den folgenden Satz von Audioabtastwerten zu erhalten.

Verfahren und Vorrichtung zum Verschleiern eines Fehlers in  
einem codierten Audiosignal und Verfahren und Vorrichtung  
zum Decodieren eines codierten Audiosignals

Zusammenfassung

Bei einem Verfahren zum Verschleiern eines Fehlers in einem codierten Audiosignal wird ein Satz von Spektralkoeffizienten in mindestens zwei Subbänder unterteilt, woraufhin die Subbänder einer Rückwärtstransformation unterzogen werden. Für jedes Quasi-Zeitsignal eines Subbandes wird eine eigene Prädiktion durchgeführt, um eine geschätzte zeitliche Darstellung für ein Subband eines auf den aktuellen Satz folgenden Satzes von Spektralkoeffizienten zu erhalten. Eine Vorwärtstransformation des Zeitsignals jedes Subbandes liefert geschätzte Spektralkoeffizienten, die anstatt fehlerhafter Spektralkoeffizienten eines folgenden Satzes von Spektralkoeffizienten verwendet werden können, um beispielsweise Übertragungsfehler zu verschleiern. Durch das subbandmäßige Transformieren wird einerseits Unabhängigkeit von Transformationseigenschaften, wie z. B. Blocklänge, Fenstertyp oder MDCT-Algorithmus erreicht, während andererseits eine spektralmäßige Verarbeitung für die Fehlerverschleierung gewahrt bleibt. Damit können spektrale Eigenschaften von Audiosignalen auch bei der Fehlerverschleierung berücksichtigt werden.

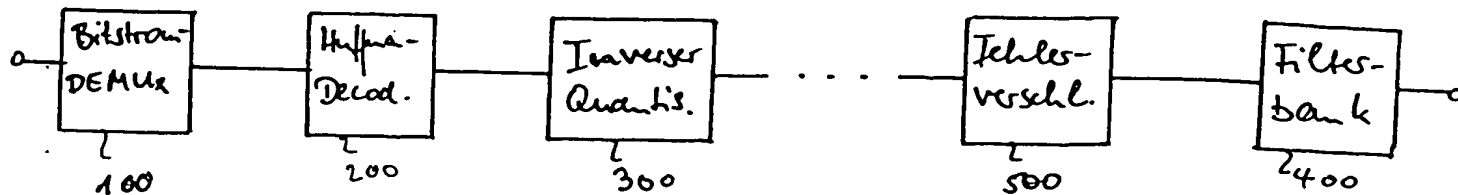


Fig. 1

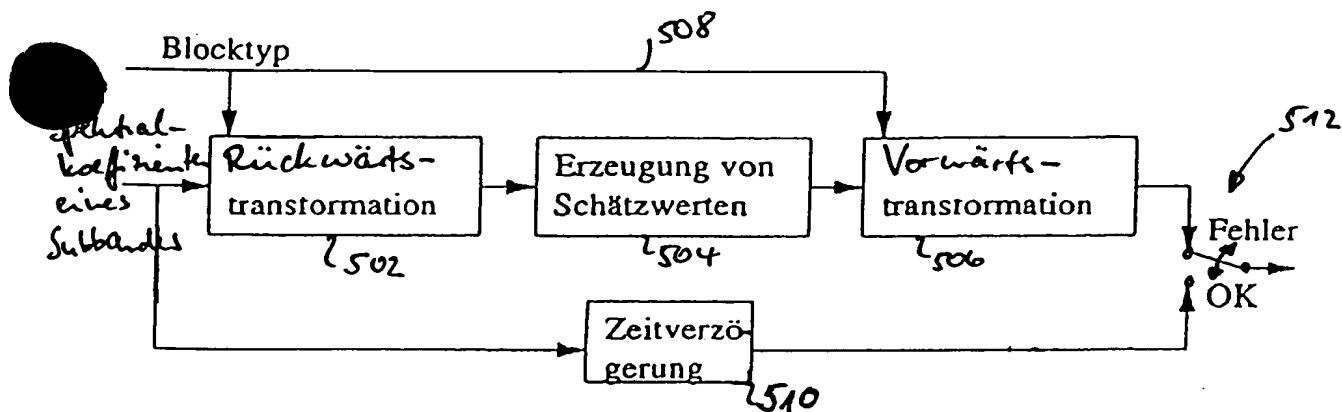


Fig. 2

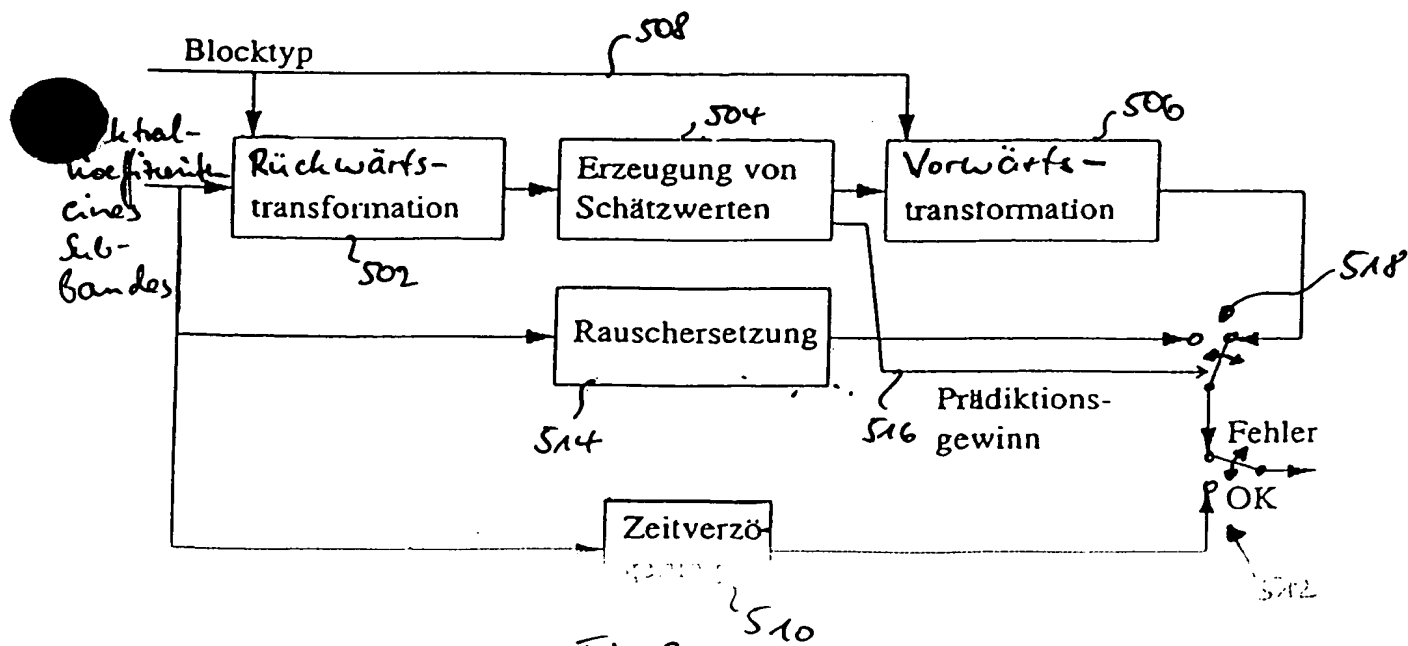


Fig. 3

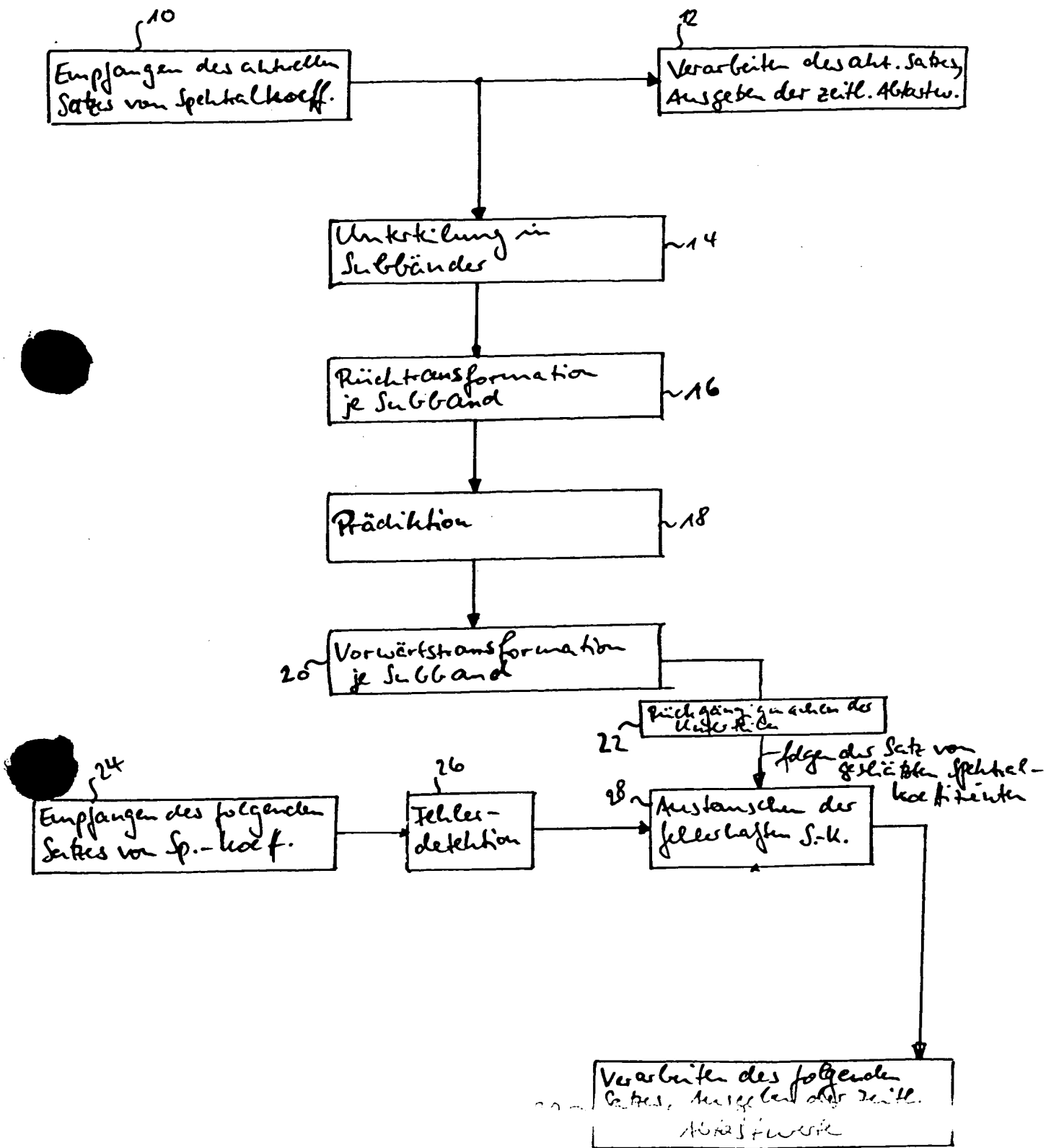


Fig. 4

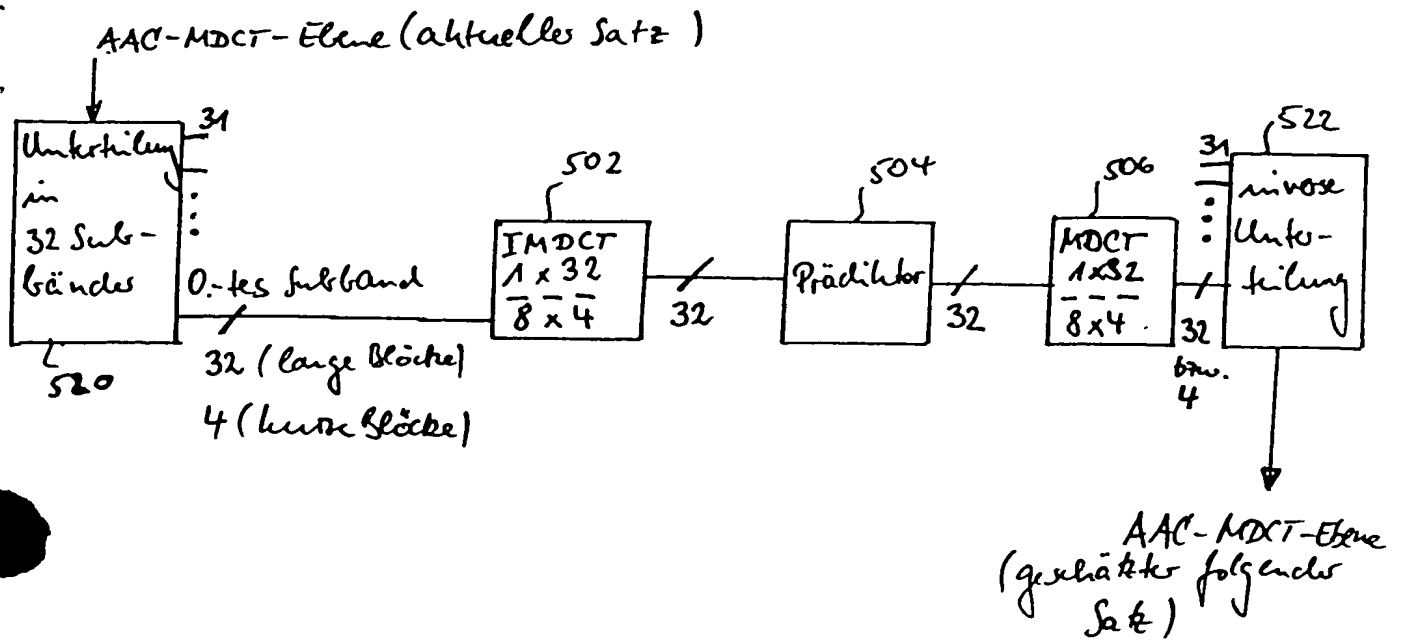


Fig. 5

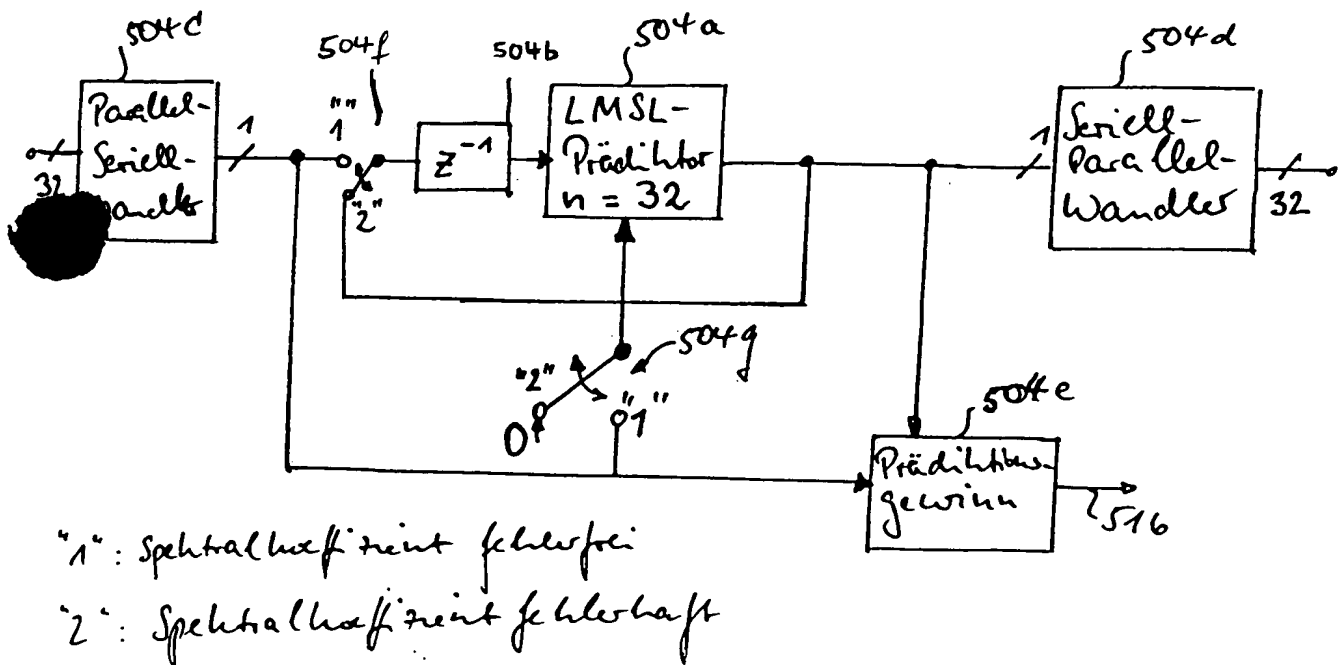


Fig. 6

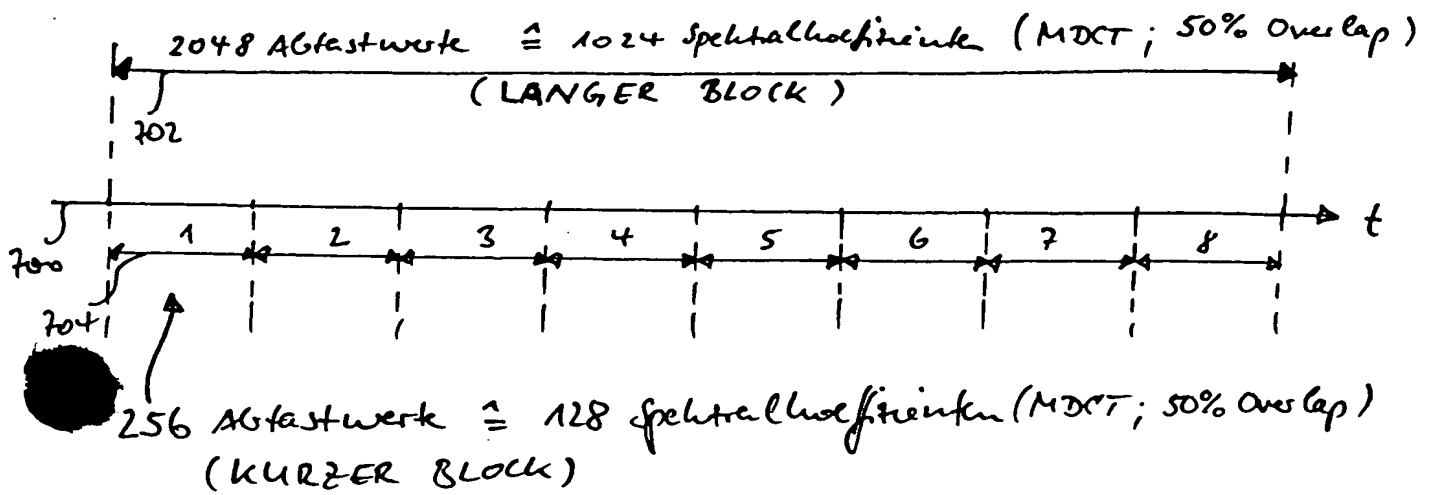


Fig. 7